

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2000年 4月12日

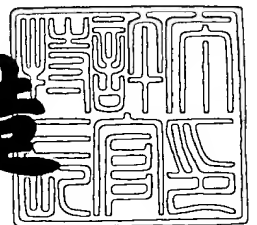
出 願 番 号
Application Number: 特願2000-110529

出 願 人
Applicant (s): 株式会社ニコン

2001年 2月 9日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3005052

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00440

【提出日】 平成12年 4月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 加藤 正紀

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 菊池 哲男

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代表者】 吉田 庄一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 005223

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置、露光装置の製造方法及びマイクロデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 照明光を供給する光源手段と、転写用パターンを有するマスクに前記照明光を導く照明光学系とを有し、前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターンを重複露光することにより、前記マスク上の転写用パターンよりも大きなパターンを前記基板に露光する露光装置において、

前記照明光学系は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置に配置された照明領域規定手段と、前記照明領域規定手段により規定された所定領域をほぼ前記マスク上に投影して前記マスク上に照明領域を形成する結像光学系とを有し、

前記マスク上に形成される照明領域での光学特性を調整するための調整手段を設けたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記照明領域規定手段は、前記マスク上に形成される前記照明領域を可変とすることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】 前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターンの像を投影する投影光学系をさらに設けたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記調整手段は、前記結像光学系における結像倍率、歪曲収差、像面湾曲、非点収差、球面収差、コマ収差の内の少なくとも一つを調整することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】 前記調整手段は、前記結像光学系における像面傾斜、偏心ディストーション、偏心コマ収差、偏心非点隔差の内の少なくとも一つを調整することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 6】 前記調整手段は、前記マスク上または前記感光性基板上の光束の重心の照射角、若しくは前記マスク上または前記感光性基板上での照度ムラの少なくとも一つを調整することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 7】 前記マスク上または前記感光性基板上の光束の重心の照射角、若しくは前記マスク上または前記感光性基板上での照度ムラを調整する第 2 調整

手段を更に設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 8】前記調整手段は、前記照明領域規定手段と前記結像光学系の少なくとも 1 部との少なくとも一方を、光軸に沿って移動、光軸と垂直な面内でシフト、光軸に対して傾斜および光軸回り回転のうちの少なくとも一つによって調整することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】前記調整手段は、光学部材を交換することによって調整することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】前記調整手段は、少なくとも 2 つ以上のレンズを移動することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 11】前記結像光学系の光学特性を得るために、前記マスクまたは前記感光性基板での光学特性を計測する計測手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 に記載の露光装置。

【請求項 12】請求項 1 乃至請求項 11 に記載の露光装置を用いたマイクロデバイスの製造方法において、

前記照明光学系によって前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する露光工程を含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 13】転写用パターンを有するマスクを照明光で照明する照明工程と、前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターンを重複露光する露光工程を含むマイクロデバイスの製造方法において、

前記照明工程は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置にて照明領域を規定する照明領域規定工程と、結像光学系を用いて前記照明領域を前記マスク上に投影する投影工程とを含み、

前記露光工程に先だって、前記結像光学系の光学特性を調整するための調整工程を含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 14】前記照明領域規定工程は、前記マスク上に形成される前記照明領域を可変とする可変工程を含み、

前記調整工程は、前記可変工程による前記照明領域の変更に応じて前記結像光学系の光学特性を調整することを特徴とする請求項 13 に記載のマイクロデバイ

スの製造方法。

【請求項 1 5】前記マスクまたは前記感光性基板での光学特性を計測する計測工程を含み、

前記調整工程は、前記計測工程による計測結果に基づいて前記結像光学系の光学特性を調整することを特徴とする請求項 1 3 または請求項 1 4 に記載のマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 1 6】前記計測工程は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置または前記マスクと同位置に置かれたテスト用パターンを用いて前記感光性基板に前記テスト用パターンを試し露光する試し露光工程と、前記露光工程により前記感光性基板に露光された前記テスト用パターンを解析する解析工程を含むことを特徴とする請求項 1 3 または請求項 1 5 に記載のマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 1 7】前記計測工程は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置、前記マスクと同位置、または前記感光性基板と同位置での光学特性を光電的に検出する光電検出工程を含むことを特徴とする請求項 1 3 または請求項 1 5 に記載のマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 1 8】転写用パターンを有するマスクを照明光で照明する照明光学系と、前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターン像を投影する投影光学系を含む露光装置の製造方法において、

前記照明光学系に残存する回転非対称収差又は偏心収差を補正する収差補正工程と、

前記マスク上又は前記感光性基板上でのテレセントリシティの悪化を補正するテレセン調整工程と、

前記マスク上又は前記感光性基板上に形成される前記照明光学系の照明面の回転又は傾斜を補正する照明面補正工程を含むことを特徴とする露光装置の製造方法。

【請求項 1 9】前記照明面は、前記照明光学系内に配置された照明領域規定手段の所定規定領域の像を有することを特徴とする請求項 1 8 に記載の露光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子や液晶表示素子等のマイクロデバイスの製造に用いられる露光装置、およびその露光装置を用いたマイクロデバイスの製造方法、さらには露光装置の製造方法に関する。本発明は、特に単位領域のパターンの一部分どうしを感光基板上で互いに重ね合わせることによって大面積のパターンを形成する、所謂画面合成を行うのに好適な露光装置、およびその露光装置を用いたマイクロデバイスの製造方法、さらには露光装置の製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来この種の露光装置では、露光対象となる感光基板の大型化に対処するため、感光基板の露光領域を複数の単位領域に分割して各単位領域に応じた露光を繰り返し、最終的に所望のパターンを合成する画面合成の手法が用いられている。この画面合成を行う際には、パターン投影用のレチクルの描画誤差や投影光学系のディストーション、感光性基板を位置決めするステージの位置決め誤差等に起因する各露光領域の境界位置でのパターンの切れ目の発生を防止するため、各露光領域の境界を微少量重ね合わせて露光を行う。しかし、露光領域を重ね合わせると、この部分の露光量が2倍になり、感光剤の特性によってはパターンの継ぎ目部分の線幅が変化することになる。また、画面合成を行うと、隣接する露光領域同士の位置ずれによってパターンの継ぎ目部分に段差が発生し、デバイスの特性が損なわれることがある。さらに、画面合成された単層のパターンを多層に重ね合わせる工程を各層毎に異なる露光装置に分担させた場合、各露光装置のレンズディストーションやステージの位置決め誤差の相違によって各層の露光領域の重ね合わせ誤差がパターンの継ぎ目部分で不連続に変化し、特にアクティブマトリックス液晶デバイスではパターン継ぎ目部分でコントラストが不連続に変化してデバイスの品質が低下することになる。

【 0 0 0 3 】

以上のような画面合成上の不都合を除去する露光装置として、特開平6-302501号公報に記載するような露光サイズを決定するためのレチクルブライン

ド部に所望のパターンを得られるように露光量を制御できる機能を付加し、感光性基板上の異なる領域に対してパターン像の一部同士が重なり合うように、露光量制御可能なレチクルブラインド機能を用いて光学像を形成し、徐々に変化させることにより不都合を解消している。

【0004】

更に、特開平6-244077号公報、特開平7-235466号公報に記載されているようにほぼレチクルと共役な位置に配置されたブラインドに中心からその外側に向かって透過率が100～0%になるように減光された数mmの辺を形成し、露光を行い、重なり合う部分とそうでない部分の露光量がほぼ等しくなるように構成し、不都合を解消している。特に特開平7-235466号公報では、その減光された部分について遮光部と開口部との境界に遮光部に向かうにしたがって遮光性部材の密度が大きくなるようにし、更に詳しくは、ガラス基板上に露光装置の限界解像力以下の大きさのドット状のCrパターンの密度を遮光部に向かうにつれて大きくなるように配置してある。また、レチクルブラインド露光中にほぼ等速で走査することにより、重複（オーバーラップ）露光する位置で均一な露光量となるように制御している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

オーバーラップ露光を行わない場合には、レチクルの遮光帯幅が設けられ、光学的な収差や設定誤差等の影響が、レチクル遮光帯の中にくればよく、ほとんど照明光学系のブラインドリレー系の収差に関する調整は行われずに、ブラインドの像をレチクル上に照明する場合のピントのみ調整していた。しかしながら、例えばブラインドを走査することによってオーバーラップ露光する場合には、ブラインドの直線状のエッジを用いて、レチクルを照明することになり、オーバーラップする位置では、初めの露光に対して、基板をステップ移動させて重ね合わせて露光をするため、レチクル上のブラインドエッジの直線性が重要となる。例えば、照明系内のブラインドリレー光学系にディストーションが発生していると仮定すると、第2図に示す如く、第一のショットと第二のショットでオーバーラップ露光する場合にディストーションの影響で、基板上にショットされた場所によ

り、オーバーラップする幅が、均一にならずに結果的にオーバーラップ部の露光量の不均一を生み出すことになってしまう。ディストーションを例に取ったが、他のブラインドリレー系の収差のために均一にならない現象となって現れてくる。コマ収差や、球面収差、更には像面湾曲等の収差のために、ブラインドリレー系の像高に応じて、像のボケ具合が異なり、結果的に照度の不均一を生み出してしまふのである。また、ブラインドリレー系の偏心等により発生する所謂偏心収差も同様に、照度の不均一を生み出してしまふ原因となる。更に、先に挙げたブラインドに所定のパターンを形成して、照度をほぼ直線状に変化させるようなものを用いて重複露光する場合には、ブラインドとレチクルとの間の倍率も重要となる。これは、予め、レチクル上にはオーバーラップさせる領域に相当する量の重複部分をパターンニングしているが、ブラインドリレー系の倍率が設計値に対して異なってしまう場合には、重複量が、小さくなってしまったり、逆に大きくなったりする必要がでてくる。この分も予め考慮することも可能であるが、レチクルパターンの重複部分が大きくなり、レチクルパターンの設計に余裕を持たせること、言い換えればレチクルの露光に用いられる領域を限定させることにもなり兼ねない。

【 0 0 0 6 】

そこで、本発明は、照明領域規定手段をレチクルに投影するブラインドリレー光学系の収差、倍率を調整し、感光性基板上で重ね合わされた部分の積算露光量と、そうでない部分の積算露光量がほぼ等しくなるような露光装置、およびその露光装置を用いたマイクロデバイスの製造方法、さらには露光装置の製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記のような問題点を鑑みてなされたものであり、請求項 1 に係る発明では、照明光を供給する光源手段と、転写用パターンを有するマスクに前記照明光を導く照明光学系とを有し、前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターンを重複露光することにより、前記マスク上の転写用パターンよりも大きなパターンを前記基板に露光する露光装置において、前記照明光学系は、前記マスクと

ほぼ光学的に共役な位置に配置された照明領域規定手段と、前記照明領域規定手段により規定された所定領域をほぼ前記マスク上に投影して前記マスク上に照明領域を形成する結像光学系とを有し、前記マスク上に形成される前記照明領域での光学特性を調整するための調整手段を設けたものである。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に係る発明では、前記照明領域規定手段は、前記マスク上に形成される前記照明領域を可変とするように構成したものである。

請求項 3 に係る発明では、前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターンの像を投影する投影光学系をさらに設けたものである。

請求項 4 に係る発明では、前記調整手段は、前記結像光学系における結像倍率、歪曲収差、像面湾曲、非点収差、球面収差、コマ収差の内の少なくとも一つを調整するようにしたものである。

【 0 0 0 9 】

請求項 5 に係る発明では、前記調整手段は、前記結像光学系における像面傾斜、偏心ディストーション、偏心コマ収差、偏心非点隔差の内の少なくとも一つを調整するようにしたものである。

請求項 6 に係る発明では、前記調整手段は、前記マスク上または前記感光性基板上の光束の重心の照射角、若しくは前記マスク上または前記感光性基板上での照度ムラの少なくとも一つを調整するようにしたものである。

【 0 0 1 0 】

請求項 7 に係る発明では、前記マスク上または前記感光性基板上の光束の重心の照射角、若しくは前記マスク上または前記感光性基板上での照度ムラを調整する第 2 調整手段を更に設けたものである。

請求項 8 に係る発明では、前記調整手段は、前記照明領域規定手段と前記結像光学系の少なくとも 1 部との少なくとも一方を、光軸に沿って移動、光軸と垂直な面内でシフト、光軸に対して傾斜および光軸回り回転のうちの少なくとも一つによって調整するようにしたものである。

【 0 0 1 1 】

請求項 9 に係る発明では、前記調整手段は、光学部材を交換することによって

調整する構成としたものである。

請求項 1 0 に係る発明では、前記調整手段は、少なくとも 2 つ以上のレンズを移動する構成としたものである。

請求項 1 1 に係る発明では、前記結像光学系の光学特性を得るために、前記マスクまたは前記感光性基板での光学特性を計測する計測手段を有する構成としたものである。

【 0 0 1 2 】

請求項 1 2 に係る発明では、請求項 1 乃至請求項 1 1 に記載の露光装置を用いたマイクロデバイスの製造方法において、前記照明光学系によって前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する露光工程を含むようにしたものである。

請求項 1 3 に係る発明では、転写用パターンを有するマスクを照明光で照明する照明工程と、前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターンを重複露光する露光工程を含むマイクロデバイスの製造方法において、

前記照明工程は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置にて照明領域を規定する照明領域規定工程と、結像光学系を用いて前記照明領域を前記マスク上に投影する投影工程とを含み、

前記露光工程に先だって、前記結像光学系の光学特性を調整するための調整工程を含むようにしたものである。

【 0 0 1 3 】

請求項 1 4 に係る発明では、前記照明領域規定工程は、前記マスク上に形成される前記照明領域を可変とする可変工程を含み、

前記調整工程は、前記可変工程による前記照明領域の変更に応じて前記結像光学系の光学特性を調整するようにしたものである。

請求項 1 5 に係る発明では、前記マスクまたは前記感光性基板での光学特性を計測する計測工程を含み、

前記調整工程は、前記計測工程による計測結果に基づいて前記結像光学系の光学特性を調整するようにしたものである。

【 0 0 1 4 】

請求項 1 6 に係る発明では、前記計測工程は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置または前記マスクと同位置に置かれたテスト用パターンを用いて前記感光性基板に前記テスト用パターンを試し露光する試し露光工程と、前記露光工程により前記感光性基板に露光された前記テスト用パターンを解析する解析工程を含むようにしたものである。

【 0 0 1 5 】

請求項 1 7 に係る発明では、前記計測工程は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置、前記マスクと同位置、または前記感光性基板と同位置での光学特性を光電的に検出する光電検出工程を含むようにしたものである。

請求項 1 8 に係る発明では、転写用パターンを有するマスクを照明光で照明する照明光学系と、前記感光性基板上に前記マスクの転写用パターン像を投影する投影光学系を含む露光装置の製造方法において、前記照明光学系に残存する回転非対称収差又は偏心収差を補正する収差補正工程と、前記マスク上又は前記感光性基板上でのテレセントリシティの悪化を補正するテレセン調整工程と、前記マスク上又は前記感光性基板上に形成される前記照明光学系の照明面の回転又は傾斜を補正する照明面補正工程を含むようにしたものである。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 9 に係る発明では、前記照明面は、前記照明光学系内に配置された照明領域規定手段の所定規定領域の像を有するようにしたものである。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

本発明によれば、照明領域規定手段（視野絞り）の開口部等の像をマスク上又はレチクル上に形成する結像光学系（ブラインドリレー光学系）若しくは照明領域規定手段自身を調整することにより、マスク上又はレチクル上に結像される照明領域規定手段の開口部等の像をほぼ忠実に、照明領域規定手段の位置に依らずにほぼ均一に結像させることが可能になり、感光性基板上で重ね合わされた部分の積算露光量と、そうでない部分の積算露光量がほぼ等しくなるような露光装置や露光装置の製造方法を提供することができる。このため、この露光装置を用いて感光性基板上にマスク又はレチクルの転写用パターンを重複露光することによ

り良好なるマイクロデバイスを製造することができる。

【 0 0 1 8 】

以下に本発明を液晶表示基板製造に用いられる露光装置に用いた実施の形態について図 1 を参照しながら詳細に説明する。

図 1 はマスク（以下、レチクル R と呼ぶ。）上のパターンを所定の倍率でプレート（レジストが塗布された感光性基板）P 上に投影するための投影露光装置の光学系構成を示す概略図である。図 1 に示すように、楕円鏡 2 2 の第 1 焦点位置に配された超高圧水銀灯 1 から発光される照明光束（例えば、i 線（365nm）の光）は、その楕円鏡 2 2 によって反射集光された後、反射鏡（平面鏡）23 を介して楕円鏡 2 2 の第 2 焦点位置に収斂される。この第 2 焦点位置にはシャッター 24 が配置されている。第 2 焦点位置からの発散光はコレクターレンズ 25 によってほぼ平行光束に変換される。その後、コレクターレンズ 25 からの平行光束は、所定の露光波長を選択する波長選択フィルタ 26 を介してフライアイ・インテグレータ（オプティカルインテグレータ）27 に入射する。このフライアイ・インテグレータ 27 は、多数の正レンズが束ねられたものであり、その射出側に正レンズの数に等しい数の光源像を形成して実質的な面光源を形成している。また、フライアイ・インテグレータ 27 の射出面には照明条件を決定する σ 値（投影レンズ PL の瞳の開口径に対するその瞳面上での光源像の口径の比）を設定するための絞り部材（可変開口絞り）28 が配置されている。

【 0 0 1 9 】

フライアイ・インテグレータ 27 により形成された多数の光源像からの光束は、第 1 リレーレンズ（第 1 リレー光学系）29 により集光され、レチクル R 上での照明領域（照明視野）を決定するレチクルブラインド装置（照明領域規定手段）30、及びブラインドリレー系（結像光学系）100 を介してレチクル R 上に所定の大きさの照明領域を形成する。

【 0 0 2 0 】

このレチクルブラインド装置 30 は、第 1 ブラインド部材 RB1 と第 2 ブラインド部材 RB2 とを有する可変レチクルブラインド部材（可変視野絞り部材）、第 1 ブラインド部材 RB1 を光軸と直交する面に沿って移動させる第 1 ブライン

ド駆動系DR1、及び第2ブラインド部材RB2を光軸と直交する面に沿って移動させる第2ブラインド駆動系DR2を有している。そして、第1リレーレンズ9からの光束がレチクルブラインド部材(RB1、RB2)を重疊的に均一に照明することによって、レチクルR上では適切な照明領域(照明視野)が形成される。

【0021】

ここで、レチクルブラインド部材(RB1、RB2)は必要に応じて2つのブラインド駆動系(DR1、DR2)によって駆動され、ブラインドリレー系100によってレチクルRに対する照明範囲の大きさを変更する。なお、2つのブラインド駆動系(DR1、DR2)の駆動は、入力装置40を介して制御装置41に入力されたレチクルR又はプレートPでの照明領域を変更すべき入力情報(プロセス情報等)に基づいて、その制御装置41によって制御されている。また、ブラインドリレー系(結像光学系)100は、第1結像レンズ(前方レンズ群)31、反射鏡(平面鏡)32および第2結像レンズ(後方レンズ群)33を有している。

【0022】

さて、所定のパターン(回路パターン等)が描写されたレチクルRはレチクルステージRSによって載置されており、そのレチクルRを透過した光は、投影レンズ(投影光学系)PLによりプレートステージ(基板ステージ)PSに載ったプレートP上に投影される。また、この際にフライアイ・インテグレータ27の射出面に設けられた絞り部材(可変開口絞り)28の開口部の像が投影レンズPLの入射瞳面上に形成され、いわゆるケーラー照明を実現している。

【0023】

また、プレートステージPSの位置(例えば、X方向、Y方向およびZ方向の3つの方向)を検出する位置検出装置(干渉計等)42からの位置信号は制御装置41に入力され、その制御装置41は、位置検出装置42からの位置信号に基づいて、プレートステージPSを移動させるステージ駆動装置43を制御する。これによって、プレートステージPSの各方向(例えば、X方向、Y方向およびZ方向の3つの方向)における位置が制御される。

【 0 0 2 4 】

また、プレート P を保持するプレートステージ P S の一端には、照明光学系（ 1 ～ 1 3 ）と投影光学系 P L との双方を含む露光光学系、照明光学系（ 1 ～ 1 3 ）、またはブラインドリレー系（結像光学系） 1 0 0 の光学特性を計測するための光電検出装置 5 0 が設けられている。この光電検出装置 5 0 からの検出信号は制御装置 4 1 は入力され、計測結果は、制御装置 4 1 と電氣的に接続された表示装置 4 4 によって表示される。

【 0 0 2 5 】

ここで、光電検出装置 5 0 は、例えば、微小なピンホールを有している光電センサー、あるいは拡大光学系と C C D とによる受光センサー等で構成されている。これにより、露光光学系（ 1 ～ 1 3 、 P L ）または照明光学系（ 1 ～ 1 3 ）の光学特性としての諸収差や照度分布等を光電的に検出することができる。なお、図 1 に示すプレートステージ（基板ステージ） P S の 2 次元移動によって光電検出装置 5 0 は、投影光学系 P L の像面に沿って 2 次元的な光学特性（照明特性）を検出する。

【 0 0 2 6 】

ところで、上述のレチクルブラインド部材は図 2 に示すような構成となっている。

2 つのブラインド部材（ R B 1 、 R B 2 ）は、所定の矩形開口部（ c 1 , c 2 ）を有するように、透明なガラス基板において Z 方向と Y 方向に伸びた L 字型のエッジパターンを持つ遮光部（ a 1 , a 2 ）及び Y 方向に沿って伸びた減光エッジパターンを持つ減光部（ b 1 , b 2 ）が形成されている。なお、減光部（ b 1 , b 2 ）は Z 方向に沿って所定の透過率分布を有している。

【 0 0 2 7 】

ここで、2 つのブラインド部材（ R B 1 、 R B 2 ）の間隔の中心 C P がレチクル R 、またはプレート P に関して光学的に共役な位置になるように設定されている。機械的にこのガラスブラインド部材（ R B 1 、 R B 2 ）を駆動するために、2 枚のブラインド部材（ R B 1 、 R B 2 ）は数百 μ m 離れて配置されることになる。プレート P 上での各ショットのオーバーラップ露光の手順は、特開平 6 - 2

4 4 0 7 7 に記載されているので省略するが、図 5 においてプレート P に形成されたオーバーラップ露光の様子を図 5 に示す。

【 0 0 2 8 】

図 5 は 4 つの露光パターン（単位露光パターン）を 1 部重複露光して大きな合成パターンをプレート P に形成した様子を示しており、プレート P 上には、斜線で示す 1 部重複領域（6 1 ～ 6 5）が形成されるように、4 つの単位露光領域（E A 1 ～ E A 4）が重複露光される。なお、各単位露光領域（E A 1 ～ E A 4）にそれぞれ形成される単位露光パターンがそれぞれ異なる 4 枚のレチクルに形成されている場合には、不図示のレチクル交換装置によって、レチクルステージ R S に 4 枚のレチクルを順次載置し、レチクルがレチクルステージ R S に載置された順に、レチクルパターン像（単位露光パターン像）を投影光学系 P L を介してプレート P に投影露光することにより、最終的に、図 5 に示すように、プレート P 上においてオーバーラップ露光が達成される。また、4 つの単位露光パターンが形成された 1 枚の大きなレチクルを用いて、レチクル及びプレート P を各ステージ（R S、P S）を介して移動させながらオーバーラップ露光することにより、最終的に、図 5 に示すオーバーラップ露光を達成しても良い。

【 0 0 2 9 】

さて、図 3 はブラインド部材（R B 1、R B 2）とレチクル R との間に配置された結像光学系（ブラインドリレー光学系）1 0 0 の拡大図を示している。

図 3 に示すように、結像光学系 1 0 0 は、1 ～ 1 0 の 1 0 枚のレンズより成る前方レンズ群 3 1、および 1 1 ～ 1 4 の 4 枚のレンズより成る後方レンズ群 3 3 とで構成される。ここで、図 3 においては、前方レンズ群 3 1 と後方レンズ群 3 3 との間の配置される反射鏡（平面鏡）3 2 を取り除き、図 1 に示す X 軸に平行な方向を光軸 A x として光学系を展開したレンズ構成図を示している。なお、図 3 における S 30 は、レチクル R に形成されているパターン面と光学的にほぼ共役な面（ブラインド部材 R B 1、R B 2 の設定面）である。

【 0 0 3 0 】

また、以下の表 1 において、図 3 の示す結像光学系 1 0 0 のレンズデータ例を掲げる。表 1 において、第 1 カラムは物体側（ブラインド部材側）からのレンズ

面番号を、第2カラムはレンズ面の曲率半径を、第3カラムはレンズ面間隔を、第4カラムは各レンズに関する硝材を、第5カラムは露光波長248.38nmに対する屈折率をそれぞれ示している。なお、図3中のPlanは平面を示している。

【0031】

【表1】

| 番号 | 曲率半径 | 厚さ | 硝材 | 屈折率 |
|----|----------|--------|----|---------|
| 1 | plan | 30.72 | | 1 |
| 2 | -68.55 | 13.81 | 石英 | 1.50834 |
| 3 | -40.75 | 18.11 | | 1 |
| 4 | -39.48 | 55 | 石英 | 1.50834 |
| 5 | -75.55 | 1 | | 1 |
| 6 | -1988.70 | 43.85 | 石英 | 1.50834 |
| 7 | -150.26 | 2 | | 1 |
| 8 | 160.42 | 38.48 | 石英 | 1.50834 |
| 9 | 2663.74 | 43.07 | | 1 |
| 10 | 228.98 | 45 | 石英 | 1.50834 |
| 11 | 115.51 | 28.67 | | 1 |
| 12 | plan | 1.5 | 石英 | 1.50834 |
| 13 | plan | 2 | | 1 |
| 14 | plan | 67.45 | | 1 |
| 15 | -78.85 | 37.23 | 石英 | 1.50834 |
| 16 | -111.96 | 1.06 | | 1 |
| 17 | 508.91 | 55.65 | 石英 | 1.50834 |
| 18 | -890.32 | 36.53 | | 1 |
| 19 | 196.40 | 35 | 石英 | 1.50834 |
| 20 | 2086.20 | 2.57 | | 1 |
| 21 | 149.03 | 12.67 | 石英 | 1.50834 |
| 22 | 117.09 | 127.91 | | 1 |
| 23 | plan | 200 | | 1 |
| 24 | 85.54 | 27.87 | 石英 | 1.50834 |
| 25 | 308.07 | 16.73 | | 1 |
| 26 | -245.82 | 8.6 | 石英 | 1.50834 |
| 27 | 79.72 | 45 | | 1 |
| 28 | -56.70 | 20 | 石英 | 1.50834 |
| 29 | -63.89 | 1.31 | | 1 |
| 30 | 331.68 | 18 | 石英 | 1.50834 |
| 31 | -313.87 | 114.39 | | 1 |
| 32 | plan | | | 1 |

【0032】

ここで、上記表1は、特開平9-197270号公報に開示された光学系のレ

ンズデータを基に曲率半径等を最適化して得られた結像倍率が ~ 4 倍のほぼ両側テレセントリックの結像光学系（ブラインドリレー光学系）100の1例としてのレンズデータである。

また、図4は、上記表1のレンズデータに示す結像光学系（ブラインドリレー光学系）100において、レチクルR側での開口数NAを0.10、最大像高を40mmとした時の諸収差図を表わしている。図4において、（a）は球面収差、（b）は非点収差（点線はメリジオナル方向での像面湾曲、実線はサジタル方向での像面湾曲）、（c）はディストーション（歪曲収差）、（d）は横収差（コマ収差）をそれぞれ示している。

【0033】

図3に示す結像光学系（ブラインドリレー光学系）100をはじめとして照明光学系や投影光学系を製造するに際して、各光学系を構成するレンズの加工誤差や各光学系の組立て誤差が積み重なり、この結果、大きく収差が変動してしまう場合がある。つまり、設計上において光学系の収差的に良好であっても、誤差の積み重ねによって露光装置に搭載した状態での収差が必ずしも良好とは限らないのである。

【0034】

まず、光学系の組立て上の誤差が発生した場合を考える。一般にレンズが偏心した場合には、偏心ディストーション、像面傾斜、像面乖離や偏心コマなどの収差が発生する。この時、その収差量は、各レンズのもつ収差係数により決定されまちまちである。

そこで、図3に示す結像本光学系100を用いて、偏心により像面傾斜や偏心ディストーションを発生させてみる。図3に示す結像本光学系100におけるレンズのナンバーで11～14までの各レンズをy方向に2mmシフトした場合の元データとの差分を表わすと、 $(y, z) = (30, 0)$ 、 $(0, 0)$ 、 $(-30, 0)$ のメリジオナル方向（図中y方向）の像面は、各 -1.00 、 -0.05 、 0.88 mmずれてしまい、幅で約2mmもの像面を傾斜させてしまう。この時の30mm角の4隅と各辺の中点での偏心ディストーションの発生量は、センターシフトを除き約 $8\mu\text{m}$ 程度である。つまり、図3に示す結像本光学系100における11～14までの各

レンズをシフトすることにより偏心ディストーションをほとんど変化させずに像面傾斜を直すことが可能になる。

【 0 0 3 5 】

次に、図 3 に示す結像本光学系 1 0 0 のレンズナンバー 1 1 のみのレンズをシフトさせると、3 0 m m 角の 4 隅と各辺の midpoint での偏心ディストーションの発生量は、4 隅部分で元データの位置差でセンターシフトを除き約 2 2 0 μ m 程度発生する。この時の像面傾斜量は、先に挙げた $(y, z) = (30, 0)$ 、 $(0, 0)$ 、 $(-30, 0)$ の位置で、メリジオナル方向（図中 y 方向）の像面が、0.18、0、-0.23 m m 程度で、ほとんど像面を動かさずに、偏心ディストーションのみを変化させることが可能になる。以上のように、結像本光学系 1 0 0 中の各レンズ群を偏心させることにより、組立て等による誤差を良好に補正することが可能になる。レンズのシフト機構は、レンズを押し引きネジを用いてシフトさせたり、あらゆる偏心方向にも対応できるように各方面からシフトできるようにすることが望ましい。

【 0 0 3 6 】

次に、レンズを光軸方向に移動させることにより倍率や、中心対称なディストーション等を補正する場合を考える。まず、倍率のみを変化させるためには、図 3 に示す結像本光学系 1 0 0 のレンズ 1 4 を光軸方向に移動させることにより、ほぼ倍率のみを変えることが可能になる。例として図 3 に示す結像本光学系 1 0 0 のレンズ 1 4 を 3 m m だけレチクル側に移動させた場合を考える。レンズを移動することによりピントもずれてしまうため、図 3 に示す結像本光学系 1 0 0 のレンズ 1 ～ 5 までを一体で約 0.11 m m だけレチクル側に移動させることによりピント調整を行う。こうすることにより倍率は、- 4 倍を -4.024 倍にすることが可能になり、この時のディストーションは、0.003 % 程度の変化しか起こらない。

【 0 0 3 7 】

次に、ディストーションを変化させる場合を例に挙げる。まず、図 3 に示す結像本光学系 1 0 0 のレンズ 1 3 のみをレチクルとは離れる方向に 8 m m 移動させ、更に倍率を一定にするため、レンズ 1 4 をレチクル側に 1.91 m m ほど近づける。また、ピントもずれてしまうので、その分をレンズ 1 ～ 5 までを一体で約 0.1

3mmレチクル側に移動する。こうすることによって、ほぼディストーションのみを30mm角の4隅で、約70 μ m補正することが可能になる。

【0038】

以上のようにブラインドをレチクル上に結像させるための光学系100の一部を光軸方向やそれと直交する方向に移動させることにより倍率、ディストーション、像面傾斜等の収差を補正することが可能になる。また、ここでは触れなかったが、図3に示す結像本光学系100のレンズ1とブラインド部材との間に平行平板を挿入し、その厚さを変化させるようにすれば、球面収差を補正することもできる。この場合、その平行平板を相対的に移動可能な2枚の楔状のプリズムで構成し、その2枚の楔状のプリズムを相対的に光軸と直交する方向に移動させて実質的に平行平板の厚さを可変とする構成としても良く、更に、光学的な厚さが互いに異なる平行平板を交換可能とした構成としても良い。

【0039】

また、コマ収差に関しても上述したように、図3に示す結像本光学系100においてコマ収差に効くレンズを移動させて、他の収差やピント、倍率をほぼ単独に補正できるレンズとを組み合わせることによって補正可能になる。さらに、他の収差に関しても同様である。

このように光学系100にてレチクルブラインド部材の減光部を含む開口部（光通過領域）の像をレチクル上に転写する場合の収差を補正可能とすることで、重複露光する場合の露光量の不均一性を補正することが可能となる。

【0040】

また、ここでは、結像光学系（レチクルブラインド結像系）100のみの諸収差の調整について説明したが、当然に事ながらディストーションを変化させれば、実際に露光する場合のレチクルR又はプレートPでの照度均一性が悪化（変化）してしまったり、レンズを偏心させれば、レチクルR又は露光基板であるプレートP上でのテレセン性（テレセントリシティ）を崩すことが予想される。

【0041】

そこで、レチクルR又はプレートPでの照度均一性は、例えば、オプティカルインテグレータ27とブラインド部材30との間に配置された第1リレー光学系

29を構成する少なくとも1つの光学素子（レンズ等）の移動（ズーミング）によって補正することができる。

また、傾斜テレセン性等は、オプティカルインテグレータ27やコリメート光学系25を光軸に対して偏心させることによって補正することができる。また、レンズ偏心させる場合には、結像光学系（レチクルブラインド結像系）100によってテレセン性も補正しても当然構わない。

【0042】

ここで、1例として、例えば、結像本光学系100の1部を偏心（光軸と直交した面に沿って移動）せて偏心又は非対称ディストーションを補正すると、レチクルR上又はプレートP上でのテレセン性（テレセントリシティ）の悪化する場合がある。この場合には、結像本光学系100の別の1部を光軸方向へ移動、光軸に対して傾斜または偏心（光軸と直交する面に沿って移動）させて、テレセン性（テレセントリシティ）の悪化を補正することが好ましい。

【0043】

なお、微小な偏角をもつプリズムをペアで挿入し、それぞれを回転させることによって像面傾斜を発生させたり、テレセン性を補正しても構わない。また他の光学部材を挿入したり変形させたり、することによってブラインド結像系内のブラインド部材の転写像を補正することが可能であれば、本発明の範囲を逸脱しない範囲で有効である。

【0044】

以上においては、屈折力を有するレンズを光軸方向へ移動、光軸に対して傾斜または偏心（光軸と直交する面に沿って移動）させて、レチクルR上又はプレートP上での光学特性を調整する例について述べたが、光学パワーを有する反射型の光学部材を光軸方向へ移動、光軸に対して傾斜または偏心（光軸と直交する面に沿って移動）させて、レチクルR上又はプレートP上での光学特性を調整しても良い。

【0045】

さらに、図1に示すように、結像光学系100の内部に配置（前方レンズ群31と後方レンズ群33との間に配置）された光路を反射偏向する偏向部材（偏向

反射部材)としての反射鏡(平面鏡)32を光軸方向へ移動、光軸に対して傾斜または偏心(光軸と直交する面に沿って移動)させて、レチクルR上又はプレートP上での光学特性を調整しても良い。この場合、例えば、反射鏡(平面鏡)32を光軸に対して傾斜または偏心(光軸と直交する面に沿って移動)させて回転非対称又は偏心ディストーション(台形ディストーション)を補正することができる。ここで、反射鏡(平面鏡)32を光軸に対して傾斜または偏心(光軸と直交する面に沿って移動)させるに伴って、レチクルR上又はプレートP上でのテレセン性(テレセントリシティ)の悪化、およびレチクルR上での結像光学系100の像の回転又は傾斜が発生する場合がある。この場合には、テレセン性(テレセントリシティ)の悪化を補正するために、オプティカルインテグレータ27等の照明光学系を構成する1部の光学部材を調整(光軸方向へ移動又は光軸と直交する面に沿って移動)し、レチクルR上での結像光学系(レチクルブラインド結像系)100の像の回転又は傾斜を補正するためにレチクルブラインド部材30を回転させることが望ましい。

【0046】

さらに、レチクルR上又はプレートP上での光学特性(例えば、ディストーション)を十分に補正する為には、レチクルR上又はプレートP上での回転非対称な光学特性(例えば、台形・菱形ディストーション等の回転非対称なディストーション)の補正工程、およびレチクルR上又はプレートP上での回転対称な光学特性(例えば、回転対称なディストーション)の補正工程の双方を行うことが良い。この場合、レチクルR上又はプレートP上での回転非対称な光学特性(例えば、台形・菱形ディストーション等の回転非対称なディストーション)を補正するために、照明光学系の1部の光学部材(例えば、結像光学系10の1部)を傾斜または偏心(光軸と直交する面に沿って移動)させ、また、レチクルR上又はプレートP上での回転対称な光学特性(例えば、回転対称なディストーション)を補正するために、照明光学系の1部の光学部材(例えば、結像光学系10の1部)を光軸方向に沿って移動させることが好ましい。この時、以上の2つの補正工程(回転非対称な光学特性の補正工程および回転対称な光学特性の補正工程)を実行する際に発生する光学特性の悪化(例えば、テレセン性の悪化)を補正す

る工程（照明光学系の 1 部の光学部材を光軸方向へ移動、傾斜または偏心させる等）を実行することがより好ましいことは言うまでもない。

【0047】

以上に述べた結像光学系（レチクルブラインド結像系）100や照明光学系を構成する光学部材は、光電検出装置50により光電検出された計測結果に基づき、照明光学系を構成する各光学部材を機械的に調整（移動、傾斜又は偏心）する調整機構（例えば、上述したシフト機構等）を介して作業者がマニュアル的に行っても良い。さらには、光電検出装置50により光電検出された計測結果に基づき、制御装置41にて照明光学系を構成する各光学部材の調整量を算出して、不図示の駆動装置等を含む調整機構を介して各光学部材を自動的に調整させるようにしても良い。

【0048】

以上のように、照明光学系を構成する各光学部材の調整工程が完了した後に、照明光学系によってレチクルを照明し（照明工程）、投影光学系を用いてレチクルに形成された転写用のパターンを感光性基板に重複露光する（露光工程）ことにより、良好なるマイクロデバイスの製造方法。

ところで、次に調整手順を簡単に説明する。まず装置を組立てた後で、ブラインド部材30を所定の開口にセットしてレチクルR上に転写のスケールとなるマークを配置して、投影光学系（投影レンズ）PLを介して露光を行う。焼き付けられたブラインド部材30の開口をレチクルR上のスケールによって開口サイズとブラインド部材30の位置を読み取る。また、ブラインド部材30のピントもブラインド若しくはステージ、若しくは、ブラインド結像系100内の光学系の一部若しくは全部を光軸方向に移動させながら求める。これにより光学系のもつ収差が求まることになる。求めた収差から、予め求めておいた各収差とレンズの動きを基に、各レンズを偏心させたり、移動させることによってブラインド結像系100の収差を補正する。収差補正と確認を繰り返すことによって、調整を完了する。ここでは、露光によって収差を求めたが、図1に示すように、ステージPS上にピンホール等を有するセンサ50を配置し、ピンホールを走査させながら、光量の変化を求めて、ブラインド部材30の位置を検出し収差を計測しても

良いし、ピンホールの代わりにＣＣＤ等の撮像素子とリレー光学系によってブラインドの位置を直接測っても良いし、更には、ブラインド部材３０がデフォーカスしていることを考慮するとＣＣＤに入射する光量から、ブラインド部材３０の位置を計測して収差を測っても構わないし、予めブラインド部材３０のピント面を計測できるようにオフセットをもたせて、ダイレクトに計測しても構わない。こうすることによってブラインド部材３０を所定の形状で露光でき、重複露光時の露光量の均一性を向上することが可能になる。

【 0 0 4 9 】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、重複露光するためのブラインド部材をレチクル上に結像させるためのブラインド結像光学系の５収差や、偏心に伴う収差を調整可能にすることにより、ブラインドの結像性能を向上し、視野内での収差を補正し、感光性基板上で重ね合わされた部分の積算露光量と、そうでない部分の積算露光量がほぼ等しくなるような露光装置、さらには露光装置の製造方法を達成することができる。そして、このような露光装置を用いて、レチクルを照明してレチクルの転写用のパターン像を感光性基板に重複露光することにより、良好なるマイクロデバイスの製造方法得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は本発明の実施の形態に係る露光装置の構成を示す図である。

【図 2】

図 2 は図 1 のレチクルブラインド装置 3 0 の構成を示す図である。

【図 3】

図 3 は図 1 に示す結像光学系 1 0 0 の構成の 1 例を示す図である。

【図 4】

図 4 は図 3 に示す結像光学系 1 0 0 の諸収差図を示す図である。

【図 5】

図 5 は 4 つの露光パターン（単位露光パターン）を 1 部重複露光して大きな合成パターンをプレート P に形成した様子を示している。

【符号の説明】

1 ～ 1 4 . . . レンズ

3 0 . . . レチクルブラインド装置

3 1 . . . 前方レンズ群

3 2 . . . 後方レンズ群

1 0 0 . . . ブラインドリレー系

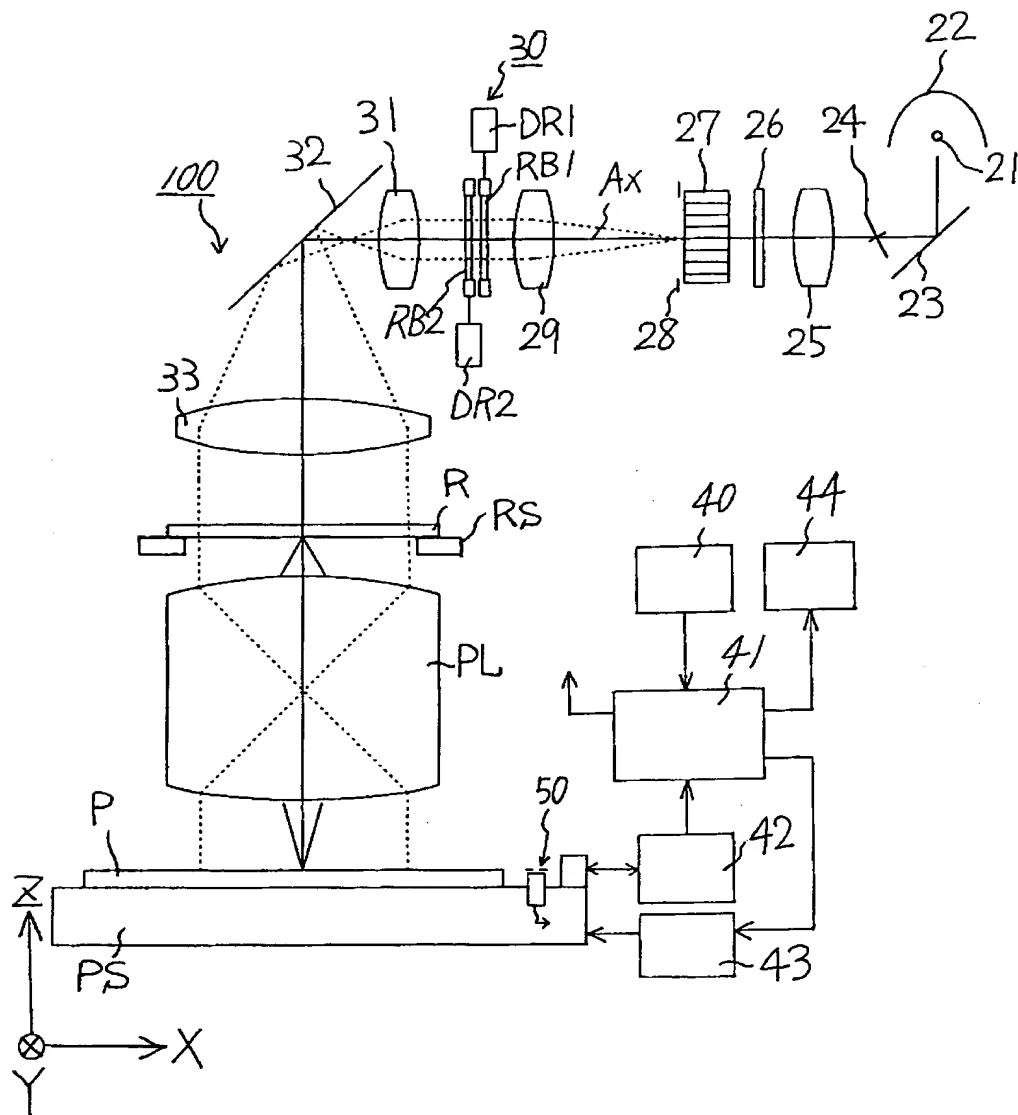
P L . . . 投影光学系

R . . . レチクル

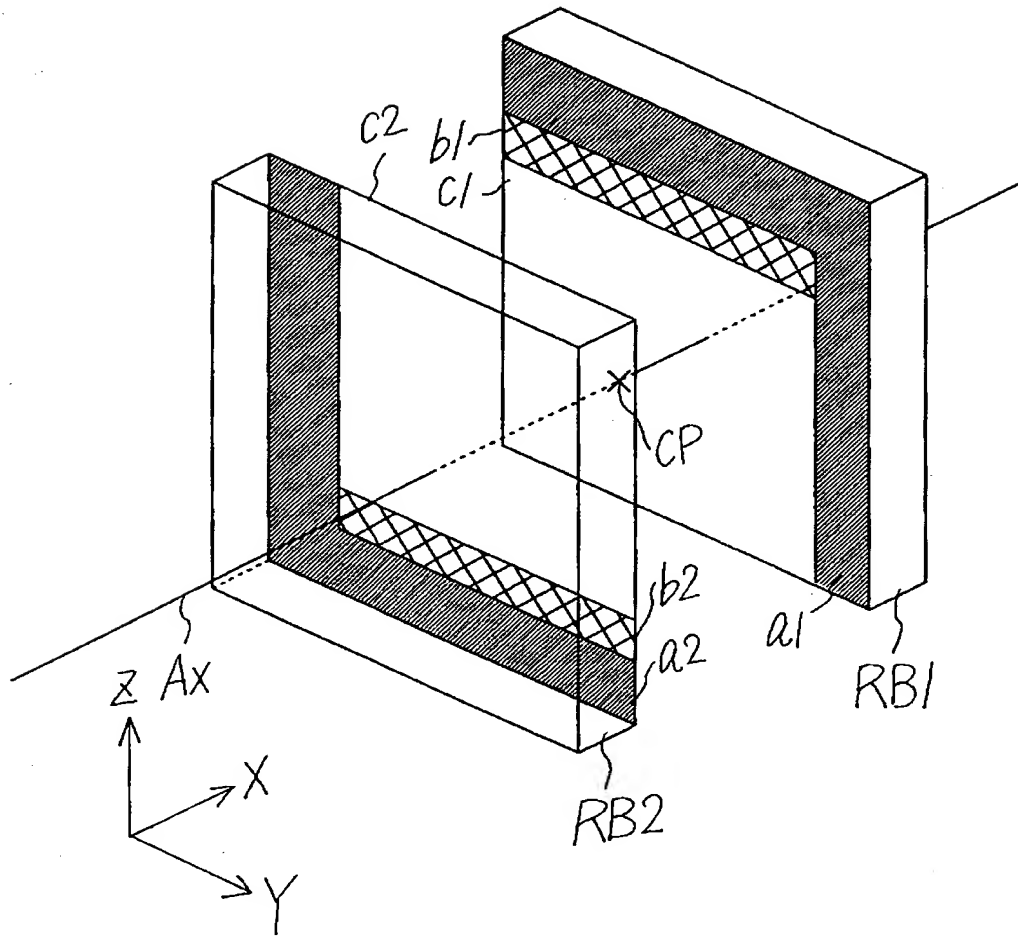
P . . . プレート

【書類名】 図面

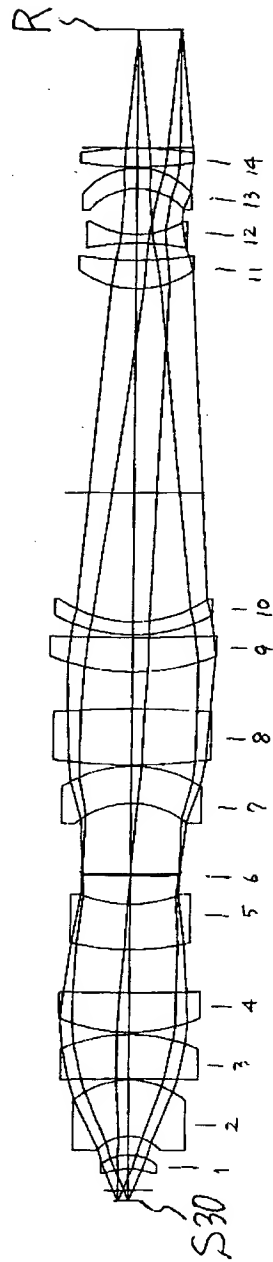
【図 1】



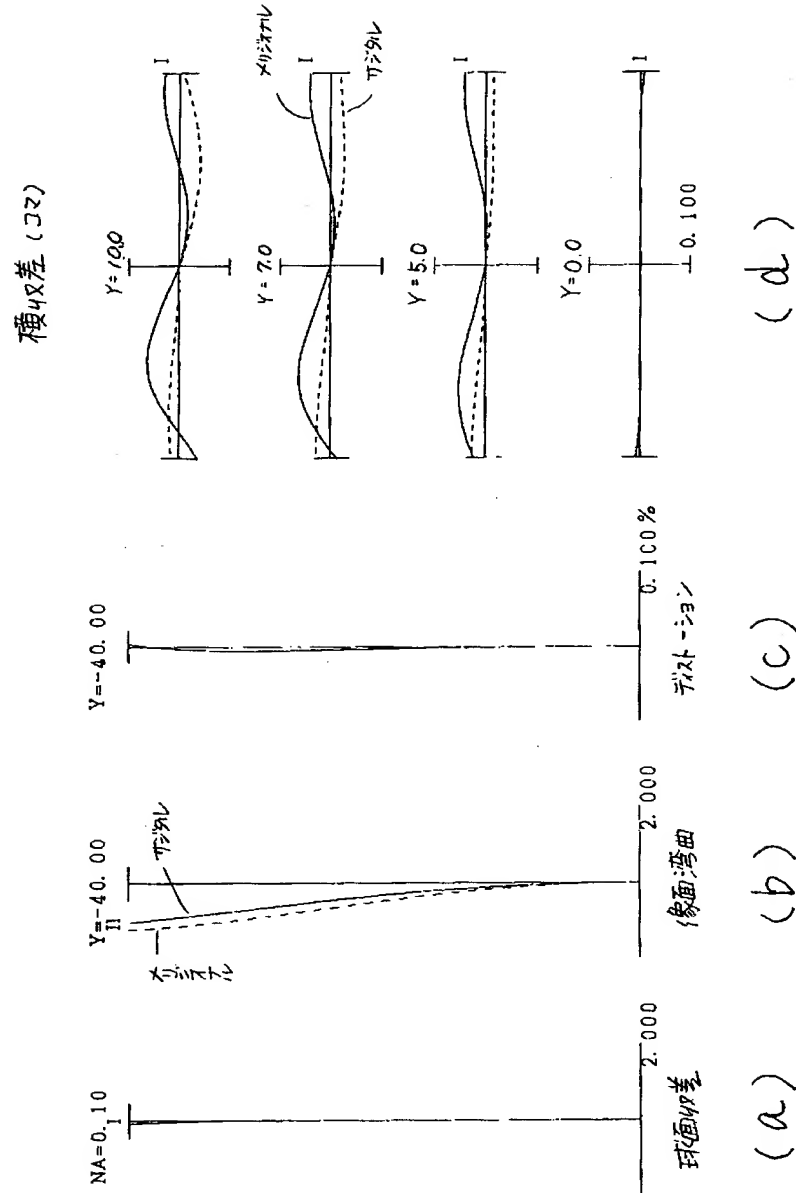
【図 2】



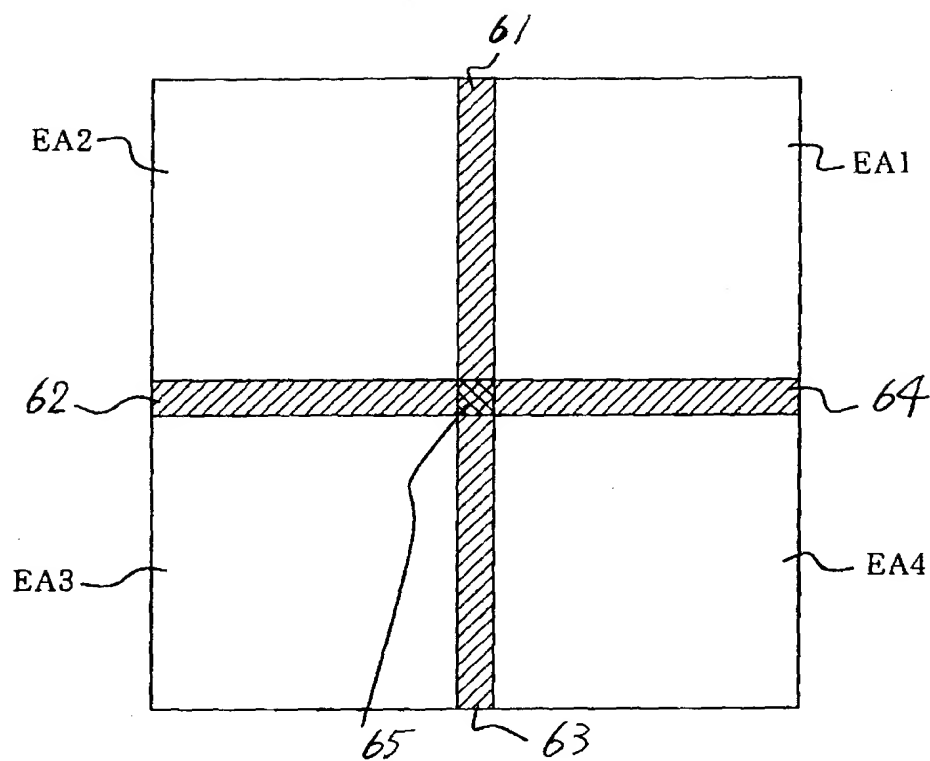
【図3】



【図 4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 感光性基板上で重ね合わされた部分の積算露光量とそうでない部分の積算露光量がほぼ等しくなるような露光装置等の提供にある。

【構成】 本発明は、感光性基板上にマスクの転写用パターンを重複露光する露光装置において、照明光学系は、前記マスクとほぼ光学的に共役な位置に配置された照明領域規定手段と、前記照明領域規定手段により規定された所定領域をほぼ前記マスク上に投影して前記マスク上に照明領域を形成する結像光学系とを有し、前記マスク上に形成される前記照明領域での光学特性を調整するための調整手段を設けた。

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

| | |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月29日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 |
| 氏 名 | 株式会社ニコン |